

全国普通高等院校土木工程类  
实用创新型系列规划教材

# 钢结构设计

黄呈伟 主 编  
郝进锋 李海旺 副主编



科学出版社  
[www.sciencepress.com](http://www.sciencepress.com)

中国科学院教材建设专家委员会教材建设立项项目  
全国普通高等院校土木工程类**实用创新型**系列规划教材

---



# 钢 结 构 设 计

黄呈伟 主 编  
郝进锋 李海旺 副主编

科 学 出 版 社

北 京

## 内 容 简 介

本书是高等院校土木工程专业的专业课教材,属于建筑工程方向钢结构课程的设计部分,按新的钢结构设计规范(GB 50017-2003)编写。其内容包括单层厂房结构与普通钢屋盖设计,轻钢结构设计,多、高层钢结构设计,平板网架结构设计,钢结构设计软件介绍与应用,钢结构的制作、安装与防护。在每一章中,都给出了设计例题,便于学生掌握钢结构设计方法和设计步骤。在书末的附录中,列出了钢结构设计所需的各种设计参数、各种型钢的截面特性、连接计算公式等,供设计时查用。

本书内容较全面,实用性强,可供高等院校土木工程专业本科学使用,也可供从事钢结构设计、施工的工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

钢结构设计/黄呈伟主编. —北京:科学出版社,2005  
(全国普通高等院校土木工程类实用创新型系列规划教材)  
ISBN 7-03-015572-6

I. 钢… II. 黄… III. 钢结构-结构设计-高等学校-教材 N. TU391.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 050830 号

责任编辑:童安齐 何舒民 / 责任校对:刘彦妮  
责任印制:吕春珉 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2005年8月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2005年8月第一次印刷 印张:32 1/4 插页:1

印数:1—3 000 字数:750 000

定价:39.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62137026(HA03)

全国普通高等院校土木工程类实用创新型  
系列规划教材

编 委 会

主 任 霍 达

副主任 (按姓氏笔画排序)

周 云 阎兴华 童安齐

秘书长 张志清

委 员 (按姓氏笔画排序)

白晓红 石振武 刘继明 何浙浙 何舒民

张文福 张延庆 张志清 沈 建 周 云

周亦唐 宗 兰 徐向荣 阎兴华 翁维素

傅传国 程赫明 韩建平 童安齐 雷宏刚

霍 达

## 前 言

按新的教学计划安排,土木工程专业的钢结构课程已分为“钢结构基本原理”和“钢结构设计”两部分。原理部分是土木工程专业各方向(建筑工程、岩土工程、桥梁工程、道路工程、水工结构等)的技术基础课,主要学习钢结构基本构件的设计原理和方法。设计部分是根据各方向的工程技术特点及行业规范要求,应用钢结构设计理论,结合工程地质、荷载情况及施工特点,进一步学习掌握各类钢结构设计(包括绘制工程施工图)的全部内容。由于土木工程的涵盖面很宽,目前各方向的工程结构设计规范尚未统一,因此钢结构设计课程的内容并未真正涵盖全部土木工程专业。

本书是为土木工程专业建筑工程方向编写的建筑钢结构设计教材,共分为七章。书中分别介绍了建筑钢结构设计的特点,单层厂房结构、吊车梁系统、墙架体系,钢管屋架、门式刚架、金属拱形波纹屋盖等轻钢结构,多、高层钢结构及组合结构设计等基本内容;本书还编写了目前应用广泛的网架结构设计方法,介绍了国内常用的钢结构设计软件以及钢结构的制作、安装与防护等内容,具有较强的实用性。另外,根据土木工程专业实践性较强的特点,本书在编写中注意教学与工程运用相结合,在每章中都编写了相应的工程设计实例,书末附有钢结构设计常用的计算表格,便于学生学习和应用。

参加本书编写的有黄呈伟(第一章、第二章、附录),郝进锋(第三章、第七章),赵赤云(第四章、部分附录),李海旺(第五章、第六章、部分附录)。在编写过程中,我们参考和引用了书中所列的文献资料,在此谨向有关单位和作者表示衷心的感谢!

由于时间仓促,书中难免存在不足之处,敬请读者批评指正。

# 目 录

## 前言

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| <b>第一章 绪论</b> .....           | 1  |
| 1.1 钢结构的应用范围 .....            | 1  |
| 1.2 钢结构的发展与研究 .....           | 3  |
| 1.3 钢结构设计的特点和要求 .....         | 6  |
| 思考题.....                      | 7  |
| <b>第二章 单层厂房结构与普通钢屋盖</b> ..... | 8  |
| 2.1 单层厂房钢结构的组成 .....          | 8  |
| 2.2 单层厂房结构的布置.....            | 10 |
| 2.2.1 柱网布置.....               | 10 |
| 2.2.2 变形缝 .....               | 10 |
| 2.2.3 屋盖结构的布置和体系 .....        | 13 |
| 2.3 支撑体系.....                 | 14 |
| 2.3.1 屋盖支撑.....               | 14 |
| 2.3.2 柱间支撑.....               | 18 |
| 2.4 厂房横向框架的计算.....            | 20 |
| 2.4.1 横向框架形式和主要尺寸.....        | 20 |
| 2.4.2 横向框架的计算 .....           | 23 |
| 2.5 厂房柱的构造和计算.....            | 28 |
| 2.5.1 柱的截面形式 .....            | 28 |
| 2.5.2 柱身的构造 .....             | 29 |
| 2.5.3 柱的截面验算 .....            | 30 |
| 2.5.4 阶形柱变截面处的构造 .....        | 32 |
| 2.6 普通钢屋架.....                | 33 |
| 2.6.1 普通钢屋架 .....             | 33 |
| 2.6.2 设计实例(普通钢屋架) .....       | 46 |
| 2.7 吊车梁设计.....                | 55 |
| 2.7.1 吊车梁系统结构的组成 .....        | 56 |
| 2.7.2 吊车梁的荷载 .....            | 57 |
| 2.7.3 吊车梁的内力计算 .....          | 57 |
| 2.7.4 吊车梁的截面验算 .....          | 58 |
| 2.7.5 吊车梁与柱的连接 .....          | 61 |
| 2.7.6 吊车梁设计例题 .....           | 62 |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| 2.8 墙架体系 .....                 | 69         |
| 2.8.1 墙体类型 .....               | 70         |
| 2.8.2 墙架结构的布置 .....            | 71         |
| 思考题 .....                      | 72         |
| <b>第三章 轻钢结构设计</b> .....        | <b>73</b>  |
| 3.1 轻钢结构常用建筑材料 .....           | 74         |
| 3.2 轻型钢屋架设计 .....              | 76         |
| 3.2.1 轻型钢屋架的设计规定 .....         | 76         |
| 3.2.2 采用角钢或 T 型钢的三角形屋架 .....   | 84         |
| 3.2.3 采用薄壁型钢的三角形屋架 .....       | 85         |
| 3.2.4 三角拱屋架 .....              | 86         |
| 3.2.5 梭形屋架 .....               | 91         |
| 3.3 钢管屋架设计 .....               | 96         |
| 3.3.1 钢管屋架的特点和适用范围 .....       | 96         |
| 3.3.2 钢管屋架的形式 .....            | 96         |
| 3.3.3 杆件截面选择 .....             | 96         |
| 3.3.4 构造要求 .....               | 97         |
| 3.3.5 节点设计 .....               | 103        |
| 3.4 门式刚架结构设计 .....             | 110        |
| 3.4.1 特点和适用范围 .....            | 110        |
| 3.4.2 结构形式及有关要求 .....          | 111        |
| 3.4.3 内力和侧移计算 .....            | 113        |
| 3.4.4 杆件截面选择 .....             | 117        |
| 3.4.5 节点构造 .....               | 126        |
| 3.5 金属拱形波纹屋盖 .....             | 130        |
| 3.5.1 金属拱形波纹屋面的特点及应用 .....     | 130        |
| 3.5.2 金属拱形波纹屋盖结构材料 .....       | 132        |
| 3.5.3 金属拱形波纹屋顶结构体系 .....       | 132        |
| 3.5.4 金属拱形波纹屋顶结构体系的设计 .....    | 133        |
| 3.5.5 金属拱形波纹屋顶结构在设计中注意事项 ..... | 135        |
| 3.6 设计实例 .....                 | 136        |
| 思考题 .....                      | 169        |
| <b>第四章 多、高层钢结构设计</b> .....     | <b>170</b> |
| 4.1 多、高层钢结构的特点与结构体系 .....      | 170        |
| 4.1.1 多、高层钢结构的特点 .....         | 170        |
| 4.1.2 多、高层钢结构的结构体系 .....       | 171        |
| 4.2 多、高层钢结构的计算特点 .....         | 175        |
| 4.2.1 荷载 .....                 | 175        |

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| 4.2.2 结构计算 .....                   | 181 |
| 4.3 多层多跨框架设计 .....                 | 184 |
| 4.3.1 构件设计 .....                   | 184 |
| 4.3.2 连接节点的设计 .....                | 187 |
| 4.4 组合楼盖设计 .....                   | 194 |
| 4.5 设计实例 .....                     | 204 |
| 4.5.1 工程概况 .....                   | 204 |
| 4.5.2 结构布置及计算简图 .....              | 204 |
| 4.5.3 压型钢板组合楼盖设计 .....             | 206 |
| 4.5.4 屋盖、楼盖重力荷载代表值 $G_r$ 的计算 ..... | 207 |
| 4.5.5 水平地震作用下框架的侧移计算 .....         | 207 |
| 4.5.6 框架在水平地震作用下的内力计算 .....        | 213 |
| 4.5.7 竖向荷载作用下横向框架的内力计算 .....       | 215 |
| 4.5.8 内力组合 .....                   | 220 |
| 4.5.9 内力及位移修正 .....                | 224 |
| 4.5.10 变形验算 .....                  | 226 |
| 4.5.11 构件验算 .....                  | 228 |
| 4.5.12 节点域设计 .....                 | 234 |
| 4.5.13 节点设计 .....                  | 236 |
| 思考题 .....                          | 243 |
| 习题 .....                           | 243 |
| <b>第五章 平板网架结构设计</b> .....          | 244 |
| 5.1 网架结构的特点 .....                  | 244 |
| 5.2 网架结构的形式及选型 .....               | 246 |
| 5.2.1 网架几何不变性分析 .....              | 246 |
| 5.2.2 网架结构的形式 .....                | 247 |
| 5.2.3 网架结构的选型 .....                | 256 |
| 5.3 网架结构的几何尺寸及屋面做法 .....           | 258 |
| 5.3.1 网架结构的几何尺寸 .....              | 258 |
| 5.3.2 网架结构的屋面做法 .....              | 261 |
| 5.4 网架结构的计算 .....                  | 275 |
| 5.4.1 荷载和作用 .....                  | 275 |
| 5.4.2 网架结构的静力计算 .....              | 282 |
| 5.4.3 温度作用下网架效应的计算 .....           | 296 |
| 5.4.4 网架地震效应计算 .....               | 298 |
| 5.5 网架结构的杆件和节点设计 .....             | 306 |
| 5.5.1 网架结构的杆件设计 .....              | 306 |
| 5.5.2 网架节点的特性和类型 .....             | 309 |

|            |                        |            |
|------------|------------------------|------------|
| 5.5.3      | 焊接空心球节点 .....          | 310        |
| 5.5.4      | 螺栓球节点 .....            | 315        |
| 5.5.5      | 支座节点 .....             | 324        |
| 5.5.6      | 其他类型节点 .....           | 333        |
| 5.6        | 设计实例 .....             | 334        |
| 5.7        | 空间结构简介 .....           | 346        |
| 5.7.1      | 空间结构的定义 .....          | 346        |
| 5.7.2      | 研究和发展空间结构的意义 .....     | 346        |
| 5.7.3      | 空间结构分类 .....           | 347        |
| 5.7.4      | 空间结构特点 .....           | 358        |
| 5.7.5      | 空间结构的发展趋势 .....        | 360        |
|            | 思考题 .....              | 361        |
|            | 习题 .....               | 361        |
| <b>第六章</b> | <b>钢结构设计软件介绍 .....</b> | <b>363</b> |
| 6.1        | 钢结构设计软件 STS .....      | 363        |
| 6.1.1      | STS 的基本功能特点 .....      | 363        |
| 6.1.2      | STS 的主菜单 .....         | 363        |
| 6.1.3      | STS 的运行环境及使用限制 .....   | 365        |
| 6.1.4      | 钢结构模型输入、计算和施工图绘制 ..... | 365        |
| 6.1.5      | 平面分析结果说明 .....         | 368        |
| 6.2        | 钢结构设计软件 3D3S .....     | 387        |
| 6.2.1      | 3D3S7.0 简述 .....       | 387        |
| 6.2.2      | 网架、网壳模块菜单功能 .....      | 390        |
| 6.3        | 钢结构设计软件 MTS .....      | 408        |
| 6.3.1      | 概述 .....               | 408        |
| 6.3.2      | 操作界面说明 .....           | 408        |
| 6.3.3      | MTS 模块简介 .....         | 412        |
| 6.4        | 钢结构设计软件 MSTCAD .....   | 420        |
| 6.4.1      | MSTCAD 简述 .....        | 420        |
| 6.4.2      | MSTCAD 主菜单 .....       | 420        |
| 6.4.3      | MSTCAD 工作流程图 .....     | 421        |
| 6.4.4      | CAD 前处理模块 .....        | 421        |
| 6.4.5      | 结构分析计算模块 .....         | 424        |
| 6.4.6      | 结果显示与节点设计模块 .....      | 425        |
| 6.4.7      | 施工图绘制模块 .....          | 425        |
| 6.4.8      | 加工图绘制模块 .....          | 426        |
| 6.4.9      | 其他 .....               | 427        |

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| <b>第七章 钢结构的制作、安装与防护</b>               | 428 |
| 7.1 钢结构制作的主要工序                        | 428 |
| 7.1.1 一般要求                            | 428 |
| 7.1.2 钢结构制作的主要工序                      | 429 |
| 7.1.3 钢结构制造对设计的要求                     | 437 |
| 7.2 钢结构防腐                             | 438 |
| 7.2.1 锈蚀的类型及机理                        | 438 |
| 7.2.2 防腐的方法                           | 439 |
| 7.2.3 环境分类                            | 440 |
| 7.2.4 防腐涂料                            | 440 |
| 7.2.5 钢基材处理                           | 443 |
| 7.2.6 涂装施工                            | 444 |
| 7.2.7 钢结构设计与防腐蚀工艺的相关问题                | 445 |
| 7.3 钢结构的防火                            | 446 |
| 7.3.1 火灾对钢结构的危害                       | 446 |
| 7.3.2 钢结构在高温下的性能——失效分析                | 447 |
| 7.3.3 钢构件的耐火极限的确定                     | 447 |
| 7.3.3 钢结构的防火措施                        | 450 |
| 7.4 钢结构安装                             | 454 |
| 7.4.1 钢结构安装的准备                        | 455 |
| 7.4.2 钢结构安装中的稳定问题                     | 455 |
| 7.4.3 钢结构安装连接问题                       | 456 |
| 7.5 钢结构验收                             | 456 |
| 思考题                                   | 457 |
| <b>附录</b>                             | 458 |
| 附录 I 钢材和连接的设计强度值                      | 458 |
| 附录 II 轴心受压构件的稳定系数                     | 461 |
| 附录 III 型钢表                            | 464 |
| 附录 IV 各种截面回转半径的近似值                    | 484 |
| 附录 V 截面塑性发展系数 $\gamma_x$ 、 $\gamma_y$ | 485 |
| 附录 VI 疲劳计算的构件和连接分类表                   | 486 |
| 附录 VII 柱的计算长度系数                       | 490 |
| 附录 VIII 常用轻型屋面材料                      | 494 |
| 附录 IX 钢结构连接形式与计算公式                    | 499 |
| <b>参考文献</b>                           | 501 |

# 第一章 绪 论

## 1.1 钢结构的应用范围

随着我国经济、技术的迅速发展和进步,钢结构已逐步成为各类工程结构中被广泛应用的建筑结构,如工业建筑、文化体育建筑、城市现代化建筑及城乡住宅建设等。从钢材的力学特性和环境保护方面来看,钢材是目前最理想的建筑材料;从经济性方面考虑,虽然我国的钢产量在逐年提高,钢材市场的供应有所改善,但由于国民经济各部门都需要用钢材,因此,钢材在我国仍是一种比较贵重的建筑材料,必须合理应用。

在房屋建筑中,以下情况宜采用钢结构。

### 1. 工业厂房钢结构

包括各类工业厂房,特别是重型厂房。重型厂房是指设有起重量很大(100t 以上)或运行非常频繁(重级工作制)的吊车的厂房,以及直接承受很大振动荷载或受振动荷载影响很大的厂房。例如,冶炼厂的平炉车间、热轧车间、混铁炉车间;重型机械厂的铸钢车间、锻压车间、水压车间;造船厂的船体车间;飞机制造厂的装配车间等。

### 2. 大跨度房屋钢结构

随着结构跨度增大,结构自重对结构设计的影响迅速增加。由于钢结构具有强度高、自重轻的优点,用于大跨度结构时具有明显的经济效果。属于大跨度结构的有体育馆、展览馆、影剧院、大型交易市场、飞机库、火车站等。其结构体系主要有网架结构、悬索结构、拱式结构、预应力钢结构等。

### 3. 高层及多层建筑

钢结构由于结构自重轻、构件体积小、装配化程度高,对高层建筑特别有利。因此,在高层建筑,特别是超高层建筑中,宜采用钢结构或钢结构框架与钢筋混凝土筒体相结合的组合结构。

近年来,在 12~16 层的小高层和 6~8 层的多层建筑中也采用钢结构,钢结构还可用于多层工业厂房,如炼油工业中采用的多层多跨钢框架等。

### 4. 轻型钢结构

轻型钢结构是由弯曲薄壁型钢、薄壁钢管或小角钢、圆钢等组成的结构。屋面和墙体常用压型钢板等轻质材料。由于轻型钢结构具有建造速度快,用钢量省、综合经济效益好等优点,适用于吊车吨位不大于 20t 的中、小跨度厂房、仓库及中、小型体育馆等大空间民用建筑。此外,由于轻型钢结构装拆方便,宜用于需要拆迁的临时结构。

## 5. 塔桅结构

塔桅结构包括电视塔、微波塔、无线电桅杆、高压输电塔、石油钻井塔、化工排气塔、导航塔及火箭发射塔(见图 1.1)等,一般均宜采用钢结构。

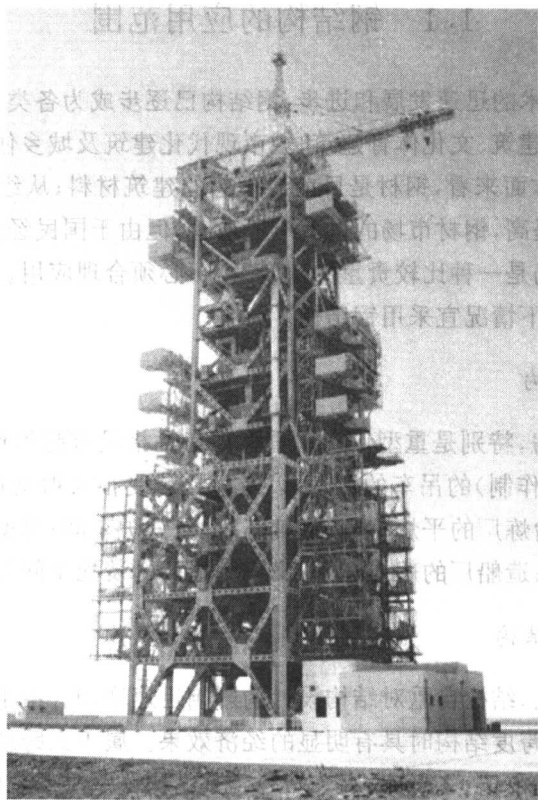


图 1.1 发射塔

## 6. 板壳结构

板壳结构包括大型储气柜、储液库等要求密闭的容器及大直径高压输油管、输气管等。另外,还有高炉的炉壳、轮船的船体等均应采用钢结构。

## 7. 桥梁结构

钢结构一般用于跨度大于 40m 的各种形式的大、中跨度桥梁。

## 8. 移动式结构

移动式结构包括桥式起重机、塔式起重机、龙门式起重机、缆式起重机、装卸桥等起重运输机械及水工闸门、升船机等金属结构。

## 1.2 钢结构的发展与研究

改革开放以来,我国以经济建设为中心,国民经济得到了空前的发展,1996年我国钢产量首次突破一亿吨,跃居世界第一位,为我国钢结构的发展奠定了物质基础。近20年时间里,我国钢结构事业与其他行业一样,得到了前所未有的繁荣和发展,具体表现在下列几个方面。

1) 在设计方法方面,以概率论为基础的一次二阶矩极限状态设计法[《钢结构设计规范》(GBJ 17-88)]的设计法代替了半经验、半概率的极限状态设计法[《钢结构设计规范》(TJ 17-74)]。现行的新规范[《钢结构设计规范》(GB 50017-2003)]仍然采用一次二阶矩极限状态设计法,该方法虽然是一种近似概率设计法,但比以前已前进了一大步。完整的全概率法还有待今后的深入和完善。

2) 高强度低合金钢的产量和品种有较大的发展,在钢结构中的应用有明显提高。

3) 在高层建筑,特别是在超高层建筑中,钢结构得到了较多的应用。最近几年在上海、北京、广州、深圳、香港等大城市建造了不少钢结构超高层建筑,如高420.5m的上海浦东金茂大厦(见图1.2),地下3层、地上88层,为目前我国第一、世界第三高楼,主楼采用了混凝土芯筒与钢框架结构。



图 1.2 上海浦东金茂大厦

4) 平板网架结构在工业与民用建筑中得到了广泛采用,技术已非常成熟。与此同时,网壳等其他空间钢结构也取得了迅速发展,如上海体育场屋盖结构,采用马鞍形大悬挑钢管空间结构,长轴为288.4m,短轴为274.4m,中间敞开椭圆孔的长轴为213m,短轴为150m,屋盖面积为36100m<sup>2</sup>。64根悬挑主桁架的一端分别固定在32根钢筋混凝土柱上,最大悬挑跨度达73.5m,为世界同类型建筑中悬挑跨度最大的屋盖结构。

5) 冷弯薄壁型钢构件在工业与民用建筑中的应用(如檩条、墙梁、屋面板、墙板等)日

益普遍。门式刚架轻型房屋钢结构在吊车起重量较小( $Q \leq 20t$ )和无吊车的厂房、仓库及需要大空间的民用建筑中的应用迅速推广,并在继续发展。

6) 钢与混凝土组合梁-板结构、钢管混凝土结构及预应力钢结构等,都得到了不同程度的应用和发展。

7) 高强度螺栓在钢结构连接中得到了广泛的应用。

8) 在桥梁结构、煤气柜、储液库等板壳结构及起重运输机械金属结构等非房屋类钢结构方面,也取得了非常大的成就。如我国的斜拉桥技术在世界处于领先水平,现在全国各地建成了不少大跨度斜拉桥和悬索桥。

虽然我国钢结构的工程应用和技术水平都有很大的提高,但和发达国家相比,我们在许多方面还存在较大的差距。因此,在今后一段时间内,我们应该对以下几方面的问题进行研究,不断提高我国钢结构的技术水平。

#### (1) 低合金钢等优质高强钢材的研制和应用

目前,除了 Q235 钢、Q345 钢、Q390 钢以外,在新规范[《钢结构设计规范》(GB 50017-2003)]中又增加了 Q420 钢,但后者应用于钢结构还需进一步研究。为了更好地满足我国钢结构发展的需要,今后在钢材的研制和应用方面还需要加强以下几个方面:

- 1) 研制强度更高、综合性能更好的低合金新钢种。
- 2) 提高低合金钢的产量和在钢结构中应用的比率。
- 3) 改善和提高低合金钢的质量。

#### (2) 结构设计理论与方法的研究

在保证结构安全的前提下,为了充分发挥钢材的作用,更合理的使用钢材,还应该深入研究结构设计理论与方法,使结构和构件的计算方法更能反映实际工作情况。有待研究的问题有:压弯构件的弯扭屈曲问题、薄板屈曲后强度的利用问题、钢结构的塑性设计问题、残余应力对结构强度和稳定性影响问题及门式刚架轻型钢结构体系的整体稳定和结构的空间工作问题等。

#### (3) 轻型钢结构的研究和应用

轻型钢结构主要指薄壁型钢结构及由圆钢和小角钢组成的轻型结构。我国自 20 世纪 60 年代开始有组织地研究薄壁型钢结构,并批量地用于屋架和檩条等承重结构。1975 年制订了我国第一部《冷弯薄壁型钢结构技术规范》(TJB 18-75),总结和推动了我国轻型钢结构的发展。

#### (4) 钢与混凝土组合构件的研究和应用

钢与混凝土组合构件充分利用了钢材抗拉和混凝土耐压的特性,且使一个构件多种用途,因此是一种非常合理和经济的结构,目前在桥梁和房屋楼盖中已有应用。例如,房屋楼盖中应用的钢梁与钢筋混凝土板组合结构;用压型钢板作为底模,再用抗剪键(常用电焊钉)与混凝土板相连而使压型钢板与混凝土板成为整体工作的组合板;用于地下建筑结构中的钢管混凝土结构等。组合构件是一种很有发展前途的构件形式,有待进一步研究开发。

#### (5) 高层钢结构的研究

近十几年来,我国沿海各大城市建造了大批高层建筑,其中有些采用了钢结构体系或钢结构框架与钢筋混凝土筒体相结合的混合结构体系。但这些建筑物基本上都是引进外

资建造的,由国外承担设计,在国内加工制作和安装,完全由国内承包设计的高层钢结构工程很少。因此,我国至今尚缺少高层钢结构的实际设计经验,在理论研究方面与发达国家相比也有一定差距,今后必须加强这方面的研究工作。

#### (6) 空间结构的研究和应用

网架结构、网壳结构、张拉结构体系等均属于空间结构,这些新技术的应用,在减轻结构自重、提高结构的承载力、节约钢材等方面效果十分明显,见图 1.3。

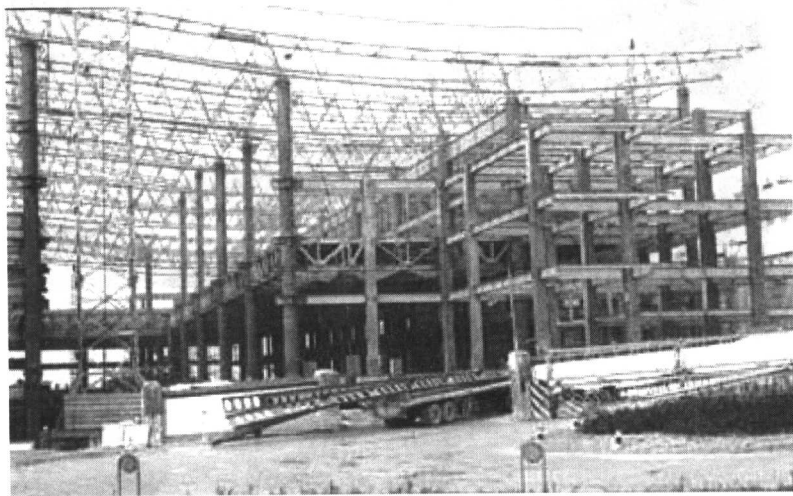


图 1.3 上部网架、下部钢框架

平板网架结构和网壳结构具有空间刚度大,受力均匀,经济效果好等优点,在我国发展非常迅速。经过 30 多年的工程实践,在设计、制造、安装各个方面,技术上已非常成熟,并广泛应用于工业与民用建筑中。在全国已建成许多大跨度网架和网壳,其中某些已达到世界先进水平。

张拉结构包括悬索屋盖、斜拉桥、索穹顶结构、索膜结构等,是一种结构效率更高、更为省钢的大跨结构形式。在桥梁工程中,我国建成了不少大跨度斜拉桥,在某些技术上达到了世界领先水平。索穹顶结构采用高强度钢索作为主要受力构件,配合使用轴心受力杆件,通过施加预应力,巧妙地张拉成穹顶结构,在穹顶上覆盖高强轻质膜材或轻型屋面材料,构成大跨穹形屋盖,其平面形状可建成圆形、椭圆形或其他形状(见图 1.4 和图 1.5)。目前在国外已建成多项索穹顶结构工程,其最大跨度达 210m。张拉结构在我国大跨建筑中具有广阔的应用前景。

另外,在普通钢结构中施加预应力后形成的预应力钢结构,能增强结构的刚度,提高承载能力,从而节省钢材。预应力钢结构可应用于桁架、梁及框架等结构或构件,但目前应用较少,有待研究和发展。

#### (7) 钢结构的防腐和防火

钢结构的防腐和防火,一直是钢结构设计中需要认真处理的问题,至今仍没有十分有效的措施。因此,在钢结构的维护和防火处理上还需要花费较大的资金投入,加大了钢结构的造价和维护费用。



图 1.4 体育场看台球状钢结构

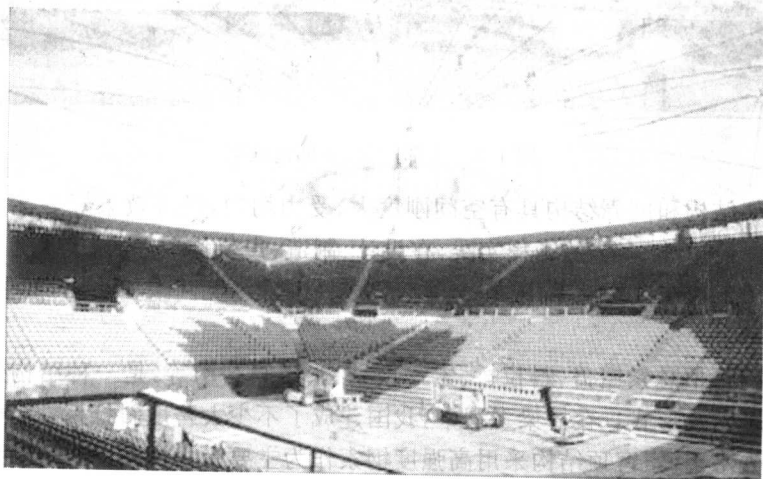


图 1.5 体育场大跨屋盖(张拉结构)

#### (8) 钢结构设计软件的开发与应用

计算机技术在土木工程中已得到了广泛应用,计算机辅助设计(Computer Aided Design,简称 CAD)对结构设计优化和提高设计效率起到了巨大的作用。目前,我国已自主研发和开发了许多比较成熟的结构设计软件,其中也有钢结构设计软件,但随着钢结构的不断发展,钢结构设计软件也需要不断地改进和完善。

### 1.3 钢结构设计的特点和要求

钢结构设计除了要执行相关的技术规范,确保质量以外,还要注意国家的技术经济政

策,做到技术先进、经济合理、安全适用。与其他结构形式相比,在钢结构的设计中,应注意下列基本要求:

1) 设计时,从工程实际出发,选用合理的结构体系、钢材品种、连接形式以及节点的构造措施。

2) 除了满足结构在使用荷载状态下强度、稳定性及刚度条件以外,还要根据工程的具体条件,考虑结构在运输、安装过程中的强度、稳定性及刚度条件。

3) 优先采用定型的和标准化的结构和构件,减少制作、安装工作量。

4) 特别注意要符合钢结构的防火要求和抗腐蚀性能。

5) 对于新型结构体系,要充分发挥钢结构灵活多变的特点,但需注意结构与建筑的协调统一。

另外,钢结构设计应该重视和研究节约钢材、降低造价的各种措施,主要有:

1) 采用空间结构、预应力钢结构等新结构体系。

2) 运用新的计算分析理论和设计方法。

3) 采用高强度优质钢材和其他轻金属材料。

4) 采用薄壁型钢、薄钢板结构。

5) 采用钢与混凝土组合结构、钢管混凝土结构。

总而言之,我国的钢结构正处在一个迅速发展时期,钢结构设计要注意钢材价格较高对工程造价所产生的不利影响,注意充分发挥钢材强度高、塑性好的特点,根据工程实际情况,选择适当的结构方案和施工方案,进行多方面的技术经济比较。同时,还应该不断总结经验,推广先进的结构形式、构件制作工艺和施工安装技术。

## 思 考 题

1.1 改革开放 20 多年来,我国在钢结构方面取得了哪些成就?

1.2 钢结构有哪些主要的特点?目前我国钢结构主要应用在哪些方面?为什么应用范围日益广泛?

1.3 钢结构设计有哪些基本要求?

1.4 我国在钢结构设计中采用过哪些设计方法?我国现行《钢结构设计规范》(GB 50017-2003)采用的是什麼方法?其与以前的方法比较有什么优点?

1.5 目前我国钢结构在哪些方面有待研究和发展?